

Aus der Städtischen Frauenklinik und Hebammenlehranstalt

Berlin-Neukölln

(Ärztl. Direktor: Dr. Erich Jung)

Arbeitsgruppe für perinatale Klinik und Forschung

(Leiter: Priv. Doz. Dr. med. Erich Saling)

DER EINFLUSS DER AUSSENLUFT
AUF FETALE MIKROBLUTPROBEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus Zernickow

aus Neisse/Schlesien

1968

Aus der Städtischen Frauenklinik und Hebammenlehranstalt
Berlin-Neukölln

(Ärztl. Direktor: Dr. med. Erich J u n g)

Arbeitsgruppe für perinatale Klinik und Forschung

(Leiter: Priv. Doz. Dr. med. Erich S a l l i n g)

DER EINFLUSS DER AUSSENLUFT

AUF FETALE MIKROBLUTPROBEN

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus Zernickow

aus Neiße / Schlesien

Dekan: Professor Dr.med. Hans Wolfgang S p i e r

Referent: Priv.Doiz.Dr.med. Erich S a l i n g

Korreferent: Professor Dr.med. Georg H ö r m a n n

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 8. Mai 1968



Inhaltsverzeichnis

-.--.-.-.-.-.-.-.-.-

- I. Einleitung und Fragestellung
- II. Eigene Untersuchungen
 - a) Methodik
 - b) Versuchsanordnung
 - c) Technik der Blutentnahme
- III. Einteilung der Messungen und statistische Erläuterungen
- IV. Das Verhalten der pH-, pO_2 - und pCO_2 -Werte im Verlauf der Messreihen
- V. Diskussion der Ergebnisse
 - a) physikalisch-physiologische Grundlagen
 - b) Ergebnisse aus Untersuchungen mit normalem Nabelschnurvenenblut
 - c) Ergebnisse aus Untersuchungen mit äquilibriertem Nabelschnurvenenblut
 - d) Bedeutung der Ergebnisse für klinische Belange
- VI. Zusammenfassung
- VII. Literaturverzeichnis
- VIII. Lebenslauf

I. Einleitung und Fragestellung

In der praktischen Geburtshilfe war es bisher nicht möglich, eine Gefährdung des Feten bereits im Frühstadium zu erkennen. Seit der Entdeckung der kindlichen Herztöne durch LEJUMEAU DE KERGADEDEC (9) im Jahre 1822 beschränkte sich der Geburtshelfer ausschließlich auf die Herztonkontrolle. Durch ein neues Vorgehen ist es gelungen, Untersuchungsverfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, Störungen schon intrauterin wie auch unter der Geburt näher zu differenzieren.

Seit dem Einsatz der Mikro-Blutuntersuchungen nach SALING (17) ist man heute in der Lage, den Blut O_2 - und den CO_2 -Gehalt sowie den Säure-Basen-Haushalt des Feten in jedem Geburtsabschnitt zu überwachen.

Dabei werden am vorangehenden, mit Spkula oder mit einem Endoskop eingestellten Teil des Kindes aus der hyperämisierten Haut nach Einstich mit einer Inzisionsvorrichtung kleinste Blutproben mit dünnen Glaskapillaren entnommen und mit Hilfe von Labor-Mikromethoden untersucht. Nach dem Einstich in die Haut ist die Oberfläche des austretenden Blutropfens wenige Sekunden lang der Außenluft ausgesetzt. Die Blutentnahme ist damit nicht mehr streng anaerob. Welchen Einfluß die Außenluft auf die Blutgase im Bluttröpfchen hat, habe ich als Teilfrage im Rahmen der Forschungsarbeiten von Herrn Priv.Doiz.Dr. E. SALING zu klären.

Eigene Untersuchungen

a) Methodik

Alle Messungen erfolgten auf dem Wege elektrochemischer Meßverfahren. Der Sauerstoff- und Kohlensäuredruck des Blutes wurde in den modifizierten "stabilisierten Ganzglas-Mikroelektroden", wie sie THEWS u. Mitarb. (20) angegeben haben, gemessen. Hergestellt wurden die Elektroden von der Firma Eschweiler in Kiel, die auch den "Combi-Analysator" baut, der als Meßapparatur diente. Die zur Eichung der Apparatur verwendeten Gase waren nach SCHOLANDER analysiert, wobei im Abstand von zwei Wochen nachgemessen wurde. Bei der pH-Messung wurde eine kleine, für den Einsatz in der Geburtshilfe besonders geeignete pH-Meßapparatur für Mikrobloodproben benutzt, die von SALING und TUROWSKI in Zusammenarbeit mit der Firma Knick, Berlin, entwickelt worden ist.

b) Versuchsanordnung

Eine Aussage über den Einfluß der Außenluft auf die Blutgase und den pH-Wert in Blutproben läßt sich nur dann mit der für wissenschaftliche Untersuchungen nötigen Genauigkeit machen, wenn die Messungen unter gleichen Voraussetzungen und Bedingungen erfolgen. In einem Modellversuch lassen sich diese Forderungen am sichersten erfüllen. Unter diesen Aspekten wurde ein Modell gebaut, das ganz abstrahierend die für die Untersuchungen wichtige Situation des Kindes intra partum nachahmt.

In die Mitte eines etwa quadratischen Holzbrettchens wird ein Loch gebohrt. Durch dieses paßt man einen Tennisball so in die Bohrung, daß ein kleiner Teil des Balles auf die andere Brettseite hindurchsteckt. Mit Hilfe eines Stativhalters wird das Brettchen mit dem daran fixierten Tennisball festgestellt. Jener erste Teil des Modells ist mit einem zweiten Teil, dem Perfusor, verbunden. Dieser ist eine von der Firma B. Braun, Melsungen, konstruierte Infusionsmaschine, mit der aus einer dazugehörigen Glasspritze bestimmte Blutmengen in verschiedenen wählbaren Zeiten ausgepreßt werden können. Beide Teile des Modells sind durch ein Glasröhrchen zu einer funktionellen Einheit gekoppelt. Auf das eine Ende des Glasröhrchens ist eine Kanüle Nr. 1 aufgesetzt, die tangential den Tennisball durchbohrt, während das andere Ende an den Perfusor angeschlossen ist. Das ganze Modell wurde in einen Inkubator gestellt, in dem eine konstante Temperatur von 37°C und eine Luftfeuchtigkeit von 90% herrschten.

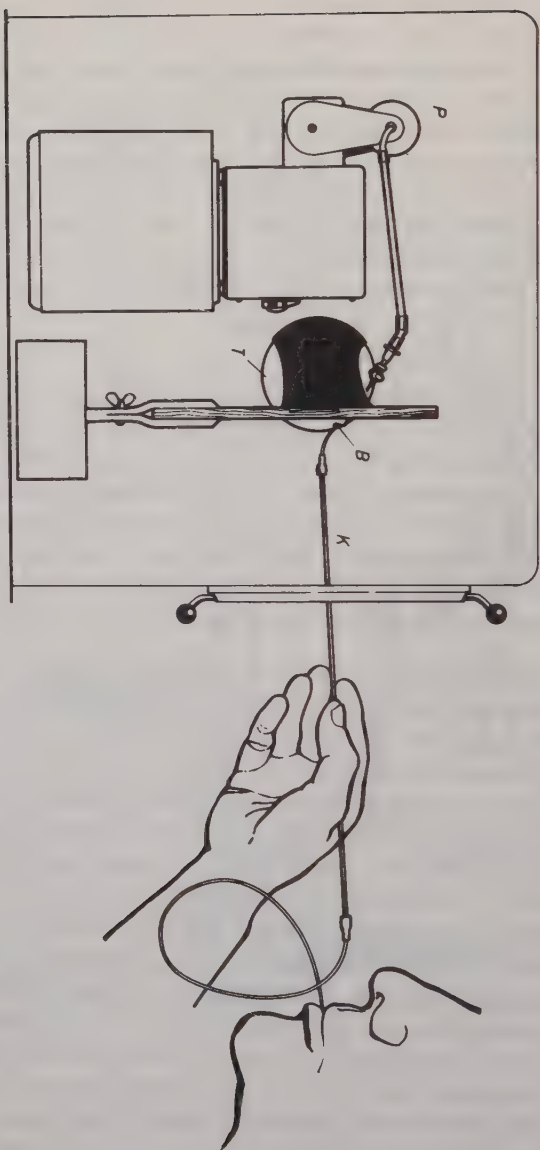


Abb. 2 Blutentnahme am Modell
 T = Tennisball; B = Bluttropfen; P = Perfusor; K = Entnahme-
 kapillare

Mit einer so tangential in einen Tennisball eingestochenen Kanüle - angeschlossen an eine Infusionsmaschine - kann auf ganz einfache Weise an der behaarten Balloberfläche, auf die Silikonöl zur besseren Tropfenbildung dünnsschichtig aufgetragen wird, der Blutaustritt am kindlichen Kopf imitiert werden. Für die hier vorliegenden Untersuchungen wählte man eine Tropfenfrequenz von 6 Tr./min, 12 Tr./min, 24 Tr./min sowie 60 Tr./min und eine Dauer des Luftkontaktes pro Tropfen von 1 sec, 2,5 sec, 5 sec und 10 sec.

c) Technik der Blutentnahme (Abb.2)

Zu jeweils vier, den Tropfenfrequenzen entsprechend gefüllten Blutentnahmekapillaren wurde eine Nullwertbestimmung mit entnommen, d.h. es wurde Blut direkt, ohne Luftkontakt in eine Entnahmekapillare eingebracht.

Die Blutentnahmekapillare ist eine dünne, 30 cm lange Glasröhre mit einem inneren Durchmesser von 1 mm und einem äußeren Durchmesser von 3 mm. Beiden Enden sind - unter Vermittlung 1 cm langer Gummischlauchstücke - je ein dünner PVC-Schlauch angesetzt. Von dem einen Glaskapillarende führt ein ungefähr 50 cm langer PVC-Schlauch direkt in den Mund, während das andere Ende mit einem nur 2 cm langen Ansatzstück versehen ist.

Sämtliche Untersuchungen wurden mit Nabelschnurvenenblut durchgeführt, das post partum sofort nach Abnabelung des Kindes entnommen wurde. Zur Ungerinnbarmachung des Blutes wurde in die 10 ccm fassende Spritze des Perfusors 1/2 Ampulle = 1 ml Vetren, ein physiologisches Antikoagulans, aufgezogen. Eine Ampulle Vetren zu 2 ml enthält 200 I.E. Heparin. Blut, das aus dem Kanülenende austritt, sammelt sich unter der Wirkung des Silikonfilmes auf der behaarten Balloberfläche zu einem dicken Tropfen. Das kurze PVC-Ansatzstück der Entnahmekapillare taucht man in den Bluttropfen ein und füllt die Kapillare mit fein dosiertem Sog, je nach Tropfenfrequenz, entsprechend schnell und blasenfrei auf.

III. Einteilung der Messungen und statistische Erläuterungen

Die Meßergebnisse aus der Analyse des Blutes dieser oben beschriebenen 5 Entnahmekapillaren wurden in ein Meßblatt (Tab.I) eingetragen.

Dauer des Luft- kontaktes	Tropfen- frequenz:	60 Tr./ min	24 Tr./ min	12 Tr./ min	6 Tr./ min	
	kein Luft- kontakt	1 sec.Luft- kontakt	2,5 sec. Luftkont.	5 sec.Luft- kontakt	10 sec. Luftkont.	
Meßgrößen:	7,34	7,35	7,35	7,35	7,36	1.Meßng.
akt. pH- Wert	7,35	7,35	7,35	7,35	7,36	2.Meßng.
	7,36	7,36	7,37	7,37	7,38	3.Meßng.
						4.Meßng.
pO ₂ (mm Hg)	18	18	18	18	18	1.
	18	18	18	18	17	2.
	18	18	17	17	17	3.
						4.
	41	41	38	38	36	1.
pCO ₂ (mm Hg)	39	39	38	37	36	2.
	37	36	34	34	32	3.
						4.
Meßeinheit:	I	II	III	IV	V	

Tab.I Arbeitsprotokoll mit 3 Meßreihen

Aus dem Blut einer Kapillare bestimmte man drei Meßgrößen:

pH-aktuell, pO₂(in mmHg) und pCO₂(in mmHg).

Zusammen bildeten diese drei Meßgrößen eine Meßeinheit. Eine Meßreihe setzte sich dementsprechend aus 5 Meßeinheiten, also dem Analyseergebnis aus 5 Entnahmekapillaren, zusammen. 75 solcher Meßreihen wurden mit normalem Nabelschnurvenenblut (abgekürzt NV-Blut) durchgeführt. Für 20 weitere Meßreihen wurde, um eine Vorstellung zu erhalten, wie der Luftkontakt-Einfluß auf das Blut eines asphyktischen Kindes ist, das NV-Blut mit einem Gasgemisch folgender Zusammensetzung äquilibriert:

O₂ = 0,02 % 0,14 mmHg
CO₂ = 12 % 83-85 mmHg (je nach Luftdruck).

Da in Wirklichkeit höchst selten ein völliges Fehlen von O_2 im Blut (Anoxämie) vorliegt, wurde das Blut grundsätzlich nur 15 Minuten mit dem vorher erwähnten Gas äquilibriert. Das Resultat war eine mittlere O_2 -Spannung von 4,55 mmHg und eine mittlere CO_2 -Spannung von 78,1 mmHg mit dem entsprechenden mittleren pH-Wert von 7,047 Einheiten. Dazu füllte man das frisch entnommene, ungerinnbar gemachte NV-Blut in eine Äquilibrier-vorrichtung, nach LAUE, wie sie von der Firma ESCHWEILER gebaut wird. Das ganze System senkte man in ein Wasserbad mit einer dem Blut etwa adäquaten Temperatur von $37^{\circ}C$. Nach einer Begasung von 15 Minuten Dauer wurde das Blut durch eine lange Kanüle in die Perfusor-Spritze aufgezogen und dem oben beschriebenen Meßablauf eingegliedert.

Um überhaupt eine Vorstellung von den Meßergebnissen zu bekommen, brauchen wir als Bezugswerte die Normalbereiche zu den 3 Meßgrößen beim Feten unter der Geburt. Von SALING werden folgende Normalbereiche angegeben:

pH-aktuell	7,15 - 7,46
pO_2 -Wert	9,7 - 46,5 mmHg
pCO_2 -Wert	30 - 57 mmHg.

Die hier vorliegenden Meßergebnisse in Tab.II sind Mittelwerte aus 75 Meßreihen und in Tab.III aus 20 Meßreihen. Für jede Meßeinheit wurde aus den Einzelwerten nach der Formel

$$\bar{x} = \frac{\sum x_e}{n}$$

das arithmetische Mittel gebildet. Die Einzelwerte der Meßeinheit I sind zugleich die Nullwerte. $\Delta ad 0$ stellt die Differenz des durchschnittlichen Meßwertes nach Luftkontakt ($\bar{x}$) zum durchschnittlichen Nullwert ($\bar{x}_0$) dar.

Mit der Formel

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_e - \bar{x})^2}{n-1}}$$

wurde die Streuung (s) der jeweiligen $\Delta ad 0$ -Werte ermittelt. Der mittlere Fehler (mf) der $\Delta ad 0$ -Werte ließ sich nach der Gleichung

$$mf = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

errechnen. Der Normalbereich ergibt sich aus $\bar{x} \pm 2s$

IV. Das Verhalten der pH-Werte und der Blutgase im Verlauf der Meßreihen

Für das normale NV-Blut gilt Tab.II und Abb.3

Für das äquilibrierte Blut gilt Tab.III und Abb.4

Tab.II Der Einfluß eines verschieden langen Luftkontaktes auf den pH-, den pO_2 - und den pCO_2 -Wert von fetalen, normal zusammengesetzten Mikrolutproben, Anzahl der Messungen (n) = 75

Tropfen- frequenz			60/min	24/min.	12/min.	6/min.
Dauer des Luftkontaktes	Kein Luftkont.		1 sec.	2,5 sec.	5 sec.	10 sec.
Meßgrößen:	$\bar{x}_0 = 7,326$	$\bar{x} =$	7,331	7,334	7,337	7,344
pH-aktuell		$\Delta ad 0 =$	0,005	0,008	0,011	0,018
		$s \Delta ad 0 =$	$\pm 0,006$	$\pm 0,007$	$\pm 0,007$	$\pm 0,008$
pO_2 (in mm Hg)	$\bar{x}_0 = 20,30$	$\bar{x} =$	20,24	20,21	20,18	20,09
		$\Delta ad 0 =$	0,07	0,09	0,12	0,24
		$s \Delta ad 0 =$	$\pm 0,28$	$\pm 0,29$	$\pm 0,33$	$\pm 0,53$
pCO_2 (in mm Hg)	$\bar{x}_0 = 40,54$	$\bar{x} =$	39,77	38,81	38,12	36,82
		$\Delta ad 0 =$	0,77	1,73	2,42	3,72
		$s \Delta ad 0 =$	$\pm 0,88$	$\pm 0,97$	$\pm 0,98$	$\pm 1,25$

$\bar{x}_0$ = durchschnittlicher Ausgangswert

$\bar{x}$ = durchschnittlicher Meßwert nach Luftkontakt

$\Delta ad 0$ = Differenz des durchschnittlichen Meßwertes nach

Luftkontakt ($\bar{x}$) zum durchschnittlichen Ausgangswert ($\bar{x}_0$)

$s \Delta ad 0$ = Standardabweichung von $\Delta ad 0$

NV-Blut: normale Zusammensetzung

a) der pH-aktuell-Wert: Bei einem Luftkontakt von 10 sec/Blut-tropfen ergibt sich, vom Nullwert ausgehend, ein Anstieg des pH-Wertes von insgesamt 0,018 Einheiten. Bis zu einem Luftkon-takt von 5 sec steigt der pH-Wert um 0,011 Einheiten an, wäh-rend ein Luftkontakt von doppelter Zeit einen Anstieg von weiteren 0,007 Einheiten beobachten läßt.

b) die Sauerstoffspannung (pO_2): Ein geringer, fast regelmässiger Abfall der O_2 -Spannung läßt sich hier konstatieren. Der gesamte O_2 -Abfall bei einem Luftkontakt von 0-10 sec/Blut-tropfen beträgt 0,24 mmHg im Bereich der mittleren Differenz.

c) die Kohlensäurespannung (pCO_2): Die pCO_2 -Werte fallen etwa gleichmäßig ab. Bei 1-5 sec Luftkontakt/Bluttropfen entweichen 2,42 mmHg CO_2 , bei 10 sec Luftkontakt/Bluttropfen werden zusätzliche 1,3 mmHg CO_2 abgegeben.

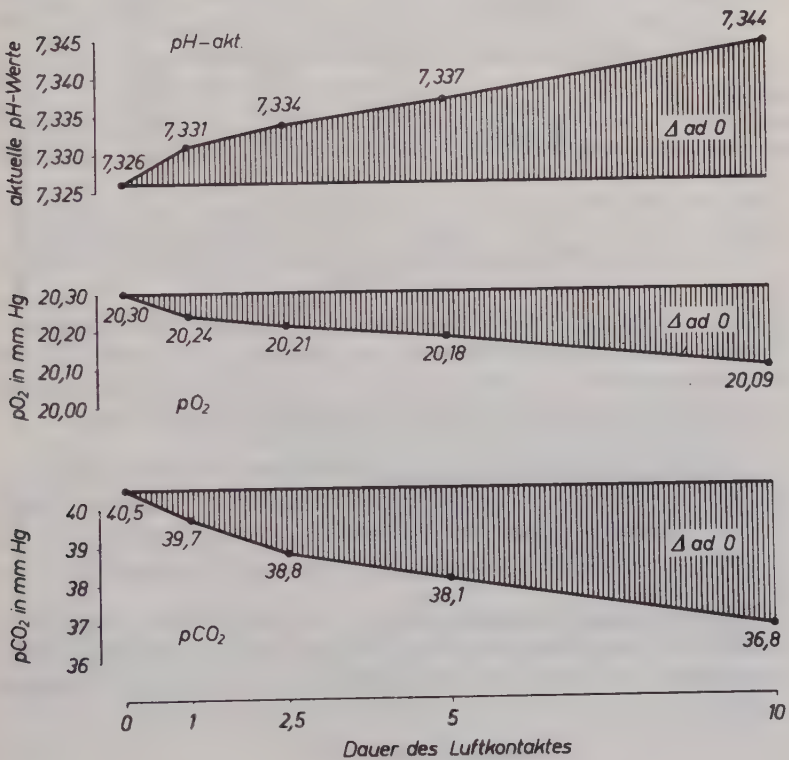


Abb. 3 Graphische Darstellung zu Tab.II

Auf Asphyxieverhältnisse äquilibriertes NV-Blut

Tropfen- frequenz			60/min.	24/min.	12/min.	6/min.
Dauer des Luftkontaktes	Kein Luftkont.		1 sec.	2,5 sec.	5 sec.	10 sec.
Meßgrößen:	$\bar{x}_0 = 7,047$	$\bar{x} =$	7,048	7,049	7,053	7,069
pH-aktuell		$\Delta \text{ad } 0 =$	0,001	0,002	0,006	0,022
		$s \Delta \text{ad } 0 =$	$\pm 0,007$	$\pm 0,003$	$\pm 0,006$	$\pm 0,008$
pO_2 (in mm Hg)	$\bar{x}_0 = 4,55$	$\bar{x} =$	4,55	4,55	4,55	4,55
		$\Delta \text{ad } 0 =$	0,00..	0,00..	0,00..	0,00..
		$s \Delta \text{ad } 0 =$	$\pm 0,00..$	$\pm 0,00..$	$\pm 0,00..$	$\pm 0,00..$
pCO_2 (in mm Hg)	$\bar{x}_0 = 78,10$	$\bar{x} =$	77,60	76,80	75,60	71,21
		$\Delta \text{ad } 0 =$	0,50	1,30	2,50	6,89
		$s \Delta \text{ad } 0 =$	$\pm 0,51$	$\pm 0,61$	$\pm 1,14$	$\pm 2,02$

Tab.III Der Einfluß eines verschieden langen Luftkontaktes auf den pH-, den pO_2 - und den pCO_2 -Wert von fetalen auf Asphyxieverhältnisse äquilibrierten Mikroblutproben, Anzahl der Messungen (n) = 20

a) der pH-aktuell-Wert: Hier sind die Verhältnisse ähnlich. Bis zu einem Luftkontakt von 5 sec steigt der pH-Wert um nur 0,006 Einheiten an, während ein 10 sec dauernder Luftkontakt einen Anstieg von weiteren 0,016 Einheiten zeigt.

b) die Sauerstoffspannung (pO_2): Weder ein Anstieg noch ein Abfall der Sauerstoffspannung konnte gemessen werden. Sowohl in den Blutproben ohne Luftkontakt als auch in denen mit verschiedenen Luftkontakten blieben die pO_2 -Werte konstant.

c) die Kohlensäurespannung (pCO_2): Ein vom NV-Blut normaler Zusammensetzung deutlich abweichendes Resultat ergeben diese Messungen. Der Abfall der CO_2 -Spannung erfolgt hier unregelmäßig.

Bis zu einem Luftkontakt/Bluttröpfen von 5 sec ergibt sich ein Absinken der $p\text{CO}_2$ -Werte von insgesamt 2,50 mmHg. Bei einer Verlängerung der Luftkontaktdauer auf 10 sec tritt eine sprunghafte Senkung der Kohlensäurespannung in den Blutproben im Mittel um weitere 4,39 mmHg deutlich hervor.

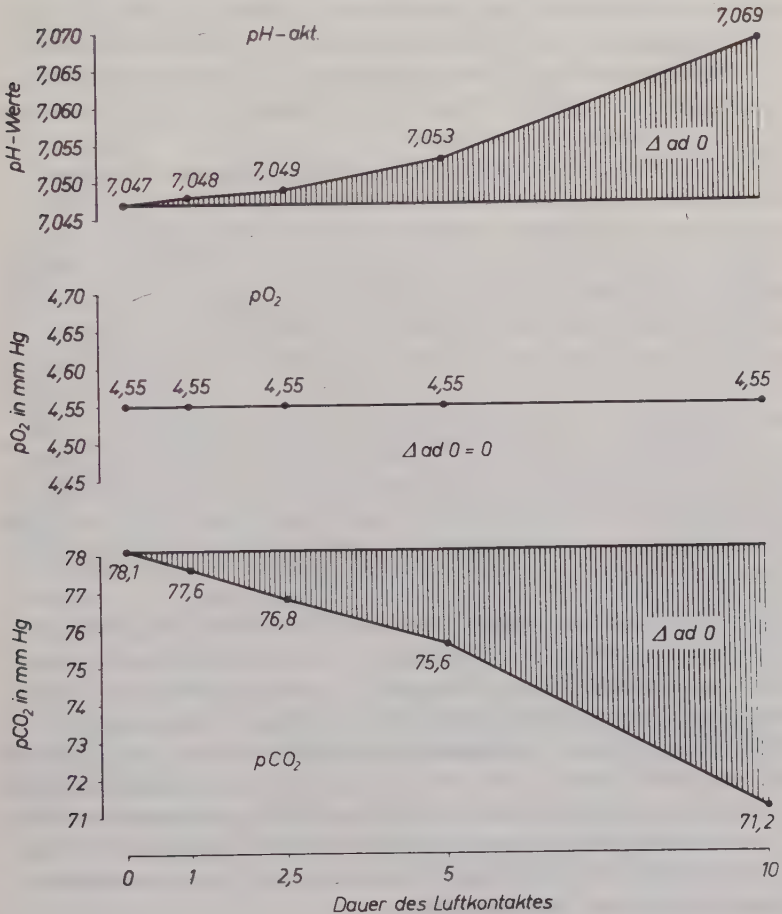


Abb. 4 Graphische Darstellung zu Tab.III

V. Diskussion der Ergebnisse

An den Anfang dieser Untersuchungen wurde die Frage gestellt, welchen Einfluß die Außenluft auf die für Mikroblutuntersuchungen entnommenen Blutproben hat. Versucht man eine Prognose der zu erwartenden Meßergebnisse, so ist es unerläßlich, sich über die Gesetzmäßigkeiten der physikalischen Lösung von Gasen in Flüssigkeiten zu informieren. Gehen wir von der Zusammensetzung der Außenluft aus, wie sie von MÜLLER-SEIFERT (10) angegeben wird. Es entfallen auf $O_2 = 20,93$ Vol %, auf $CO_2 = 0,03$ Vol % und auf $N_2 = 79,04$ Vol %.

a) Die physikalische Lösung eines Gases hängt ab von der Konzentration der Gasmoleküle (Partialdruck), von der Temperatur und nicht zuletzt von der Natur des Gases selbst (Löslichkeit). Der Partialdruck eines Gases im Gasgemisch wird so ermittelt, daß der vol-%ige Anteil des Gases am Gesamtgemisch mit dem atmosphärischen Luftdruck desselben multipliziert wird. Für die Kohlensäure ergibt sich bei einem atmosphärischen Luftdruck von 760 Torr ein Partialdruck von 0,2 mmHg. Bekanntlich verändert sich der Partialdruck stets in Richtung eines bestehenden Druckgefälles. SALING (19) gibt für die CO_2 -Spannung in normalem NV-Blut einen Normalbereich von 30-57 mmHg an. Setzt man die Partialdrucke der Kohlensäure von Blut und Außenluft in Beziehung zueinander, so ist ein beachtliches Druckgefälle in Richtung Außenluft zu erkennen.

Da auch bei unseren Untersuchungen 75 Meßreihen mit normalem NV-Blut durchgeführt wurden, ist zu folgern, daß die Kohlensäure - entsprechend dem Druckgefälle und der Dauer des Luftkontaktes - verschieden stark aus dem Blut an die Außenluft abdiffundieren wird. Der Temperaturfaktor scheidet als nennenswert störendes Moment aus, da die Haut am Feten weitgehend der Körpertemperatur der Mutter (also etwa $37^{\circ}C$) entsprechen dürfte. Alle weiteren Vorgänge wie Äquilibrieren und Analysieren der Blutproben erfolgen ebenfalls unter auf Körpertemperatur thermostatisierten Bedingungen.

Eine Rolle spielt aber die Löslichkeit eines Gases. Als Maß für sie benutzt man den Bunsenschen Absorptionskoeffizienten. Er sagt aus, wieviel Raumanteile des Gases bei 760 mmHg Partialdruck in der Raumeinheit gelöst werden. Bei einer Temperatur von 37°C , wie sie konstant als Versuchsbedingung bei unseren Entnahmen vorlag, beträgt für $\text{O}_2 = 0,02$ und für $\text{CO}_2 = 0,59$. Aus diesen Werten ersieht man, daß die Kohlensäure als leicht lösliches Gas viel schneller abdiffundieren kann als der schwerer lösliche Sauerstoff aufgenommen wird. Diese Tatsache wird um so auffälliger, wenn man die weit größere Spannungsdifferenz zwischen dem pO_2 der Außenluft (etwa 159 mmHg) und dem pO_2 der fetalen Mikroblutproben (etwa 18 mmHg) näher betrachtet.

b) Die Meßergebnisse bestaetigen diese Überlegungen. Der Luftkontakt eines Bluttröpfens (Tr.) von 1 sec Dauer verändert den CO_2 -Meßwert bei einem Ausgangswert von 40,54 mmHg im Mittel um 0,77 mmHg, bei 2,5 sec um 1,73, bei 5 sec um 2,42 und bei einer Lufteinwirkung von 10 sec um 3,72 mmHg. Daraus ergibt sich, daß ein Luftkontakt von je 1 sec Dauer zu einem CO_2 -Abfall von etwa 0,6 mmHg führt. Demgemäß steigt der pH-Wert ungefähr um 0,001 Einheiten pro 1 sec Luftkontakt/Tr. an. Eine solche Relation zwischen pH und pCO_2 stellt auch JAMES (7) her, der auf die Fehlerquellen bei der pH-Wert- und Blutgasmessung mit Mikroelektroden eingeht. Die Größe des Meßfehlers bezieht sich in seinen Angaben auf eine minutenlange Luftkontaktzeit. Er beobachtete eine pH-Wert-Änderung von 0,2 Einheiten und mehr, wodurch sich ein Fehler von 30 % für den dazu errechneten CO_2 -Wert ergeben würde. Unsere pH-Wert-Abweichungen zeigten eine geringere Veränderung des Kohlensäurepartialdruckes, der allerdings direkt gemessen und nicht errechnet wurde.

Ein nicht erwarteter, wenn auch nur unbedeutender Sauerstoff-Abfall wurde im Verlauf der Meßreihen registriert. Diesem offensichtlich geringen O_2 -Schwund können nach den Untersuchungen von ULMER, BERTA und REICHEL (21) zwei Ursachen beigemessen werden.

Der Histologe WALLRAFF (22) bezeichnet das Blut als flüssiges Gewebe. Wie jedes andere Gewebe auch besteht es aus einem Verband etwa gleichartiger Zellen, den Blutkörperchen, und einer hier flüssigen Interzellulärsubstanz, dem Plasma. Eine lebenswichtige Funktion der Zelle ist die Atmung.

Jenen Sauerstoffeigenverbrauch - auch Autoxydation genannt - sehen obige Autoren als eine Ursache des O_2 -Schwundes an. Die zweite Ursache soll ein geringer O_2 -Verbrauch der in der stabilisierten Ganzglas-Meßelektrode eingeschmolzenen Platinelektrode sein.

GLEICHMANN und LÜBBERS (3) haben jedoch anhand von Messungen des Sauerstoffdruckes im Blut Erwachsener festgestellt, daß eine pO_2 -Abnahme im "venösen Bereich" (unter 50 mmHg) - wie sie es nennen - nicht mehr meßbar ist. Ebenso spielt der O_2 -Verbrauch der Elektrode in den Bereichen unter 150 mmHg O_2 keine Rolle. Eine pO_2 -Änderung kann ihrer Meinung nach hervorgerufen werden:

- 1) durch Veränderung der Eigenschaften der Meßelektrode
- 2) durch Veränderung des Diffusionskoeffizienten für Sauerstoff
- 3) durch Veränderung des Löslichkeitskoeffizienten für Sauerstoff.

c) Im Verlauf 20 weiterer Meßreihen, denen diesmal äquilibriertes Blut zugrunde lag, sollte der Lufteinfluß auf Blut mit einer künstlich erzeugten Asphyxie-Zusammensetzung getestet werden. Bei einer Asphyxie ist bekanntlich der Gasaustausch zwischen Mutter und Kind durch besondere Ereignisse gestört. Da gerade solche intrauterinen Störungen nur mit Hilfe der fetalen Mikroblooduntersuchungen früher als es bisher möglich war erkannt und näher differenziert werden können, kommt auch diesem Teil der Untersuchungen nicht geringe Bedeutung zu. Einen etwas bedeutenderen Einfluß hatten die verschiedenen langen Luftkontakte auf die hier gefundenen Meßergebnisse. Gestützt werden unsere Ergebnisse durch Untersuchungen von BLYSTAD, wie sie bei JAMES (7) aufgeführt werden. Sie ergaben, daß aus kleinen Bluttröpfchen, in denen eine hohe CO_2 -Spannung vorliegt, bei gleichen Luftkontaktzeiten deutlich größere Mengen freier Kohlensäure abdiffundieren als aus Blutproben mit niedrigen CO_2 -Spannungen.

Die pCO_2 -Werte ließen bei einem Luftkontakt von 1 sec/Tr. einen Abfall von 0,50 mmHg erkennen, bei 2,5 sec von 1,30 mmHg, bei 5 sec von 2,50 mmHg und bei 10 sec einen sprunghaften Spannungsabfall von 6,89 mmHg.

Auch beim pH-Wert läßt sich eine solche Änderung im mittleren Meßwert erkennen. Als Folge der Abnahme der Kohlensäure muß ja der pH-Wert entsprechend ansteigen, wie schon aus der Anwendung der Henderson-Hasselbalchschen Gleichung ersichtlich wird. Während das pH bei einem Luftkontakt von 0-5 sec/Tr. um insgesamt nur 0,006 Einheiten ansteigt, erhöht sich das pH bei doppelter Luftkontaktzeit um weitere 0,016 Einheiten auf das Dreifache.

Infolge der niedrigen O_2 -Spannung im Blut war der O_2 -Schwund wahrscheinlich so gering, daß er nicht meßbar wurde.

Fall Nr.	Bestimmung der Tropfenbildungszeit		
	Para	vorangehender Teil	Zeit in sec.
1	I	Kopf	5
2	I	"	2
3	II	"	1
4	II	"	5
5	II	"	1
6	I	"	2
7	I	Steiß	4
8	II	Kopf	1
9	III	"	5
10	I	"	2
11	II	"	6
12	I	"	1
13	II	Steiß	5
14	I	Kopf	1
15	I	"	4
16	I	"	2
17	I	"	6
18	I	"	4
19	I	"	3
20	VII	"	4
21	I	"	3
22	II	"	1
$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel			3,09
mf = mittl. Fehler d. Mittelwertes			0,3778
s = Streuung.....			1,772

Tab.IV Gestoppte Tropfen-
bildungszeiten

Bei den Entnahmen während der Geburtsüberwachung wird aber keineswegs immer solange gewartet, bis sich ein dicker Tropfen voll ausgebildet hat. Die Blutentnahme beginnt eher, und zwar sobald genügend Blut aus der Stichstelle ausgetreten ist, das eingesaugt werden kann.

d) Einige geburtshilfliche Kliniken haben die Mikroblutuntersuchungen am Feten nach SALING bereits in die routinemäßige Geburtsüberwachung eingeschaltet. Es stellt sich demgemäß die Frage, welche Bedeutung unsere Ergebnisse für klinische Belange haben. Bei 22 Mikroblutentnahmen wurde dazu die Tropfenbildungszeit mitgestoppt (Tab.IV). Gemessen wurde die Zeit vom Augenblick der Inzision in die hyperämisierte Haut des vorangehenden kindlichen Teils mit einer speziellen Inzisionsvorrichtung bis zur Bildung eines dicken, sich noch nicht flächenhaft ausbreitenden Bluttröpfens. Es wurde eine mittlere Tropfenbildungszeit von 3 sec ermittelt. Berücksichtigt man die Streuung der gestoppten Einzelzeiten (Abb.5), so muß eine obere Grenze von 6,6 sec angegeben werden.

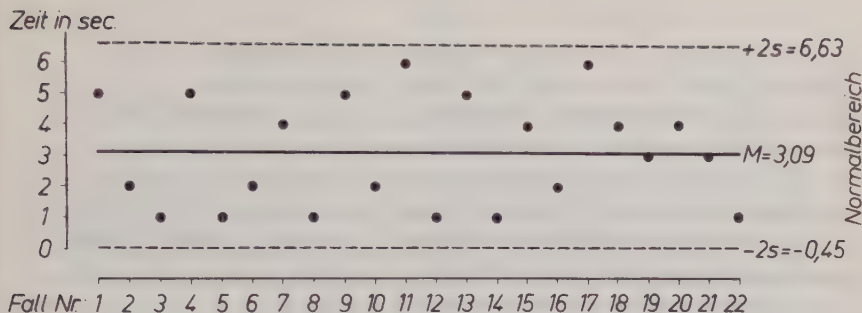


Abb. 5 Diagramm zu Tab.IV: Veranschaulichung der Streuungsbereiche

Infolgedessen ist die obere Grenze des Luftkontaktes höchstens mit 0-5 sec/Tropfenbildungszeit, also 0-12 Tr./min zu veranschlagen. Für diese Luftkontaktzeit ergeben sich folgende Alterationen der Meßwerte:

bei NV-Blut mit normaler Zusammensetzung:

ein pH-Anstieg um 0,011 Einheiten sowie ein Sinken der O_2 -Spannung um 0,12 mmHg und der CO_2 -Spannung um 2,42 mmHg

bei auf Asphyxieverhältnisse äquilibriertem NV-Blut:

ein pH-Anstieg um 0,006 Einheiten sowie ein Absinken des pCO_2 -Wertes um 2,50 mmHg wie beim normalen NV-Blut, während die Sauerstoffspannung unverändert bleibt.

Da in praxi bei genügender Erfahrung die Tropfenbildungszeiten um 2-3 sec liegen, wie es bei einer größeren Anzahl von Mikrobloodentnahmen beobachtet wurde, muß eine noch geringere Veränderung der Meßwerte durch den Einfluß der Außenluft auf das aus der Inzisionsstelle austretende Blut angenommen werden. Für klinische Zwecke können so geringe Veränderungen der Meßwerte außer acht gelassen werden.

VI. Zusammenfassung

Durch ein neues, von SALING entwickeltes Vorgehen ist es möglich, jetzt auch unter der Geburt Untersuchungen der Blutgase und eine Bestimmung des pH-Wertes durchzuführen. Aufgabe dieser Arbeit war es, den Einfluß der Außenluft auf die für diese Untersuchungen entnommenen Mikroblutproben festzustellen. Dazu wurden in 75 Fällen Normalblut aus der Nabelschnurvene sowie in 20 Fällen auf Asphyxieverhältnisse äquilibriertes Nabelschnurvenenblut im Verlauf von Meßreihen analysiert.

Die Mikroblutentnahmen am Feten nach SALING erfolgen nicht streng anaerob. In einer Versuchsanordnung (Modell), die den Verhältnissen in vivo weitgehend entspricht, ist der Einfluß der Außenluft auf Mikroblutproben untersucht worden. Bei einer Luftkontaktzeit bis zu 5 sec - die mittlere, klinisch ermittelte Kontaktzeit beträgt nur 3,1 sec - kommt es bei normal zusammengesetztem Blut ($\text{pH} = 7,326$ Einheiten; $\text{pO}_2 = 20,30$ mmHg und $\text{pCO}_2 = 40,54$ mmHg) zu einem mittleren Abfall der pH-aktuell-Werte um 0,011 Einheiten, der pO_2 -Werte um 0,12 mmHg und der pCO_2 -Werte um 2,42 mmHg. Handelt es sich um auf Asphyxieverhältnisse äquilibriertes Blut ($\text{pH} = 7,047$ Einheiten; $\text{pO}_2 = 4,55$ mmHg und $\text{pCO}_2 = 78,1$ mmHg), dann kommt es zu einem Abfall des pH-aktuell-Wertes um 0,006 Einheiten, des pCO_2 -Wertes um 2,50 mmHg und zu keinem Einfluß auf den pO_2 -Wert. Der Außenluftkontakt der Mikroblutproben spielt im klinischen Einsatz so gut wie keine Rolle.

VII. Literaturverzeichnis

1. CLARK, L.C.; WOLF, R.; GRANGER, D. and TAYLOR, Z.: Continuous recording of blood oxygen tension by polarography. J. appl. Physiol. 6 (1953), 189
2. FREUDENBERG, K.: Grundriß der medizinischen Statistik. Schattauer, Stuttgart 1962
3. GLEICHMANN, U. und LÜBBERS, D.W.: Die Messung des Sauerstoffdrucks in Gasen und Flüssigkeiten mit der Pt-Elektrode unter besonderer Berücksichtigung der Messung im Blut. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271 (1960), 431
4. GLEICHMANN, U. und LÜBBERS, D.W.: Die Messung des Sauerstoff- und Kohlensäuredruckes in Gasen und Flüssigkeiten mit der pO_2 - und pCO_2 -Elektrode unter besonderer Berücksichtigung der Druck- und Sättigungsmessung im Blut. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271 (1960), 456
5. GERMAN, W.; KLIEFOTH, S. und SCHUMM, G.: Lehrbuch der Physik, Ernst-Klett Stuttgart 1950
6. HAAS, J.: Physiologie der Zelle. Borntraeger, Berlin 1955
7. JAMES, L.S.: Physiology of respiration in newborn infants and in the respiratory distress syndrome. Pediatrics 24 (1959), 1071
8. KARLSON, P.: Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. Thieme, Stuttgart 1962
9. LEJUMEAU DE KERGADEDEC: Fetale Herztöne. Forriets Notizen aus dem Gebiet der Natur- und Heilkunde II: 191, 202-207, 250-255; III: 159, 304 (1822); zit. von SEITZ, L.: Die fetalen Herztöne während der Geburt. Habilitationsschrift, München 1903

10. MÜLLER-SEIFERT: Taschenbuch der medizinisch-klinischen Diagnostik. Bergmann, München 1962
11. PSCHYREMBEL, W.: Praktische Geburtshilfe. De Gruyter, Berlin 1963
12. REIN, H. und SCHNEIDER, M.: Einführung in die Physiologie des Menschen. Springer, Berlin 1960
13. SALING, E.: Neues Vorgehen zur Untersuchung des Kindes unter der Geburt. Arch. Gynäk.197 (1962), 108-122
14. SALING, E.: Erstmalige Blutgasanalysen und pH-Messungen am Feten unter der Geburt und die klinische Bedeutung dieses neuen Verfahrens. Arch. Gynäk.198 (1962), 82-86
15. SALING, E.: Die Wirkung einer O_2 -Atmung der Mutter auf die Blutgase und den Säure-Basen-Haushalt des Feten. Geburtsh.-u.Frauenheilk.23 (1963), 528-538
16. SALING, E.: Die Blutgasverhältnisse und der Säure-Basen-Haushalt des Feten bei ungestörtem Geburtsablauf. Z.Geburtsh.Gynäk.161 (1963), 262-292
17. SALING, E.: Mikroblutuntersuchungen am Feten - Klinischer Einsatz und erste Ergebnisse. Z.Geburtsh.Gynäk.162 (1964), 56-79
18. SALING, E.: Technik der endoskopischen Mikrobloodentnahmen am Feten. Geburtsh.-u.Frauenheilk.24 (1964), 464-469
19. SALING, E.: Das Kind im Bereich der Geburtshilfe. Thieme, Stuttgart 1966
20. THEWS, G.: Ein Mikroanalyse-Verfahren zur Bestimmung der Gasdrucke in kleinen Blutproben. Pflügers Arch.ges. Physiol. 276 (1962), 89

21. ULMER, W.T.; BERTA, G.
und REICHEL, G.: Sauerstoff- und Kohlensäure-
partialdruckmessungen im
arteriellen und Ohrläppchen-
Kapillarblut mit stabilisier-
ten Mikroelektroden. Med.Thorac.
20 (1963), 235-249
22. WALLRAFF, J.: Leitfaden der Histologie des
Menschen. Urban & Schwarzenberg,
München/Berlin 1960

VIII. Lebenslauf

Am 1. November 1940 wurde ich, Klaus Zernickow, als Sohn des Zahnarztes Dr.med.dent. Rudolf Zernickow und seiner Ehefrau Giesela, geborene Weiss, in Neiße/Schlesien geboren.

1945 wurden wir aus unserer ostdeutschen Heimat vertrieben und siedelten nach Berlin-Tegel, dem Wohnsitz der Eltern meines Vaters, über. 1947 kam ich in die 19. Volksschule in Berlin-Tegel. Nach dem 4. Grundschuljahr besuchte ich das Französische Gymnasium in Berlin-Wedding. 1952 wechselte ich auf das Humboldt-Gymnasium in Berlin-Tegel über. Am 7. März 1960 legte ich die Reifeprüfung an der Friedrich-Engels-Schule in Berlin-Reinickendorf ab.

An der Freien Universität wurde ich am 31. Mai 1960 immatrikuliert. Vom 1. September bis 30. Oktober 1960 leistete ich mein Krankenpflegepraktikum am städtischen Humboldt-Krankenhaus in Berlin-Reinickendorf ab. Am gleichen Haus arbeitete ich während meiner Semesterferien als Hilfspfleger.

Die ärztliche Vorprüfung bestand ich am 15. August 1963. Meine Famulaturzeit absolvierte ich vom 1. April bis zum 30. April 1964 am städtischen Humboldt-Krankenhaus und vom 1. März bis zum 30. April 1965 an der Frauenklinik des städtischen Krankenhauses am Mariendorfer Weg in Berlin-Neukölln. Die ärztliche Prüfung bestand ich am 5. Februar 1968 an der Freien Universität in Berlin. Ich bin jetzt als Medizinalassistent tätig.

